

Optical illumination system and projection display apparatus using the same.**Publication number:** JP5346557**Publication date:** 1993-12-27**Inventor:** MASUMOTO YOSHIHIRO**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**Classification:**

- international: G02B27/00; G02B3/00; G02B27/18; G02F1/13;
G02F1/1335; G02F1/13357; G03B21/00; G03B21/20;
G03B33/12; H04N9/31; G02B27/00; G02B3/00;
G02B27/18; G02F1/13; G03B21/00; G03B21/20;
G03B33/00; H04N9/31; (IPC1-7): G02B27/00; G02F1/13

- European: G02B3/00A; G03B21/20; G03B33/12; H04N9/31V

Application number: JP19920311736 19921120**Priority number(s):** JP19920311736 19921120; JP19920076694 19920331**Also published as:**

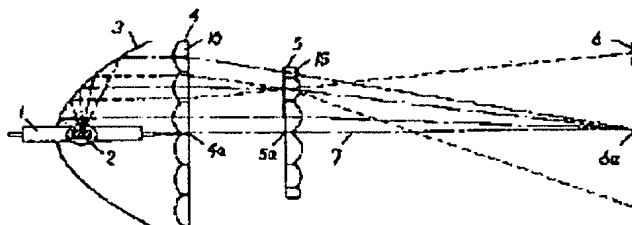
EP0563874 (A1)

US5418583 (A1)

EP0563874 (B1)

Report a data error here**Abstract of JP5346557**

PURPOSE: To provide lighting with high brightness uniformity by splitting a single piece of luminous flux having large brightness irregularity into partial pieces of luminous flux having small brightness irregularity and putting them one over another in a lighted area and to provide lighting with high light utilization efficiency and a small angle of convergence by constituting a 2nd lens array which has a smaller aperture than before without generating light loss since each 2nd lens has a necessary aperture enough for the sectional area of the partial piece of luminous flux passing through it. **CONSTITUTION:** A 1st lens array 4 splits the single piece of luminous flux emitted by a parabolic mirror 3 into the partial pieces of luminous flux which are as many as the 1st lenses 10. The 2nd lens array 5 transmits the respective partial pieces of luminous flux onto the lighted area 6 through the operation of the 2nd lenses and puts them one over another. The 2nd lenses 15, however, are made relatively smaller and smaller in aperture area as the distance between the aperture center of the 1st corresponding lens 10 and the main optical axis 7 is longer and longer.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-346557

(43)公開日 平成5年(1993)12月27日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 27/00

G 0 2 F 1/13

識別記号

V

5 0 5

庁内整理番号

9120-2K

7348-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数18(全 18 頁)

(21)出願番号 特願平4-311736

(22)出願日 平成4年(1992)11月20日

(31)優先権主張番号 特願平4-76694

(32)優先日 平4(1992)3月31日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 橋本 吉弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

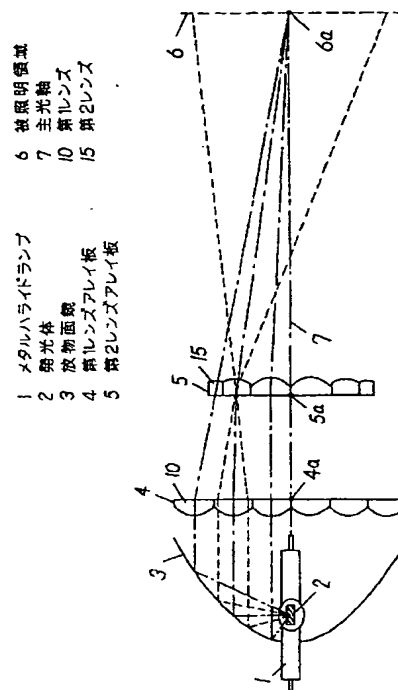
(74)代理人 弁理士 小銀治 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 照明光学装置とそれを用いた投写型表示装置

(57)【要約】

【構成】 放物面鏡3から出射する単一光束を第1レンズアレイ4が第1レンズ10と同数の部分光束に分割する。第2レンズアレイ5は、第2レンズ15の働きにより各部分光束を被照明領域6上に伝達して重畳させる。ただし、第2レンズ15は対応する第1レンズ10の開口中心と主光軸7との距離が大いものほど、その開口面積を相対的に小さくする。

【効果】 明るさむらの大きな単一光束を明るさむらの小さな部分光束に分割し、これを被照明領域上に重畳させるので、明るさ均一性の高い照明を実現できる。更に、第2レンズの各々は、これを通過する部分光束の断面積に対しおよそ必要十分な開口を提供するので、光損失を生じることなく従来より開口の小さな第2レンズアレイを構成し、高い光利用効率で集中角の小さな照明を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第 1 レンズを二次元状に配列した第 1 レンズアレイと、前記第 1 レンズと対をなす複数の第 2 レンズを二次元状に配列した第 2 レンズアレイとを備え、前記第 1 レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第 2 レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第 2 レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、前記第 2 レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第 2 レンズの各々を密接させて配列し前記第 2 レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにしたことを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】第 1 レンズについて各々の開口中心と集光手段の光軸との距離を高さ H と表した場合に、少なくとも一部の第 2 レンズについて、対応する前記第 1 レンズの高さ H が大きいものほど前記第 2 レンズの有効開口面積を相対的に小さくしたことを特徴とする請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 3】集光手段は主として凹面鏡から成り、発光体の長軸方向と前記集光手段の光軸を略同一方向とする請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 4】第 1 レンズは凸面を入射側に向けた平凸レンズである請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 5】第 1 レンズまたは第 2 レンズの少なくとも一方の光学面を非球面とした請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 6】第 1 レンズの開口は所定の被照明領域の形状と略相似形状である請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 7】第 1 レンズアレイと第 2 レンズアレイの間の光路中に折り返しミラーを備え、前記第 2 レンズアレイと被照明領域の間の光路中に凹レンズを備えた請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 8】発光体はメタルハライドランプにより形成される請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 9】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第 1 レンズを二次元状に配列した第 1 レンズアレイと、前記第 1 レンズと対をなす複数の第 2 レンズを二次元状に配列した第 2 レンズアレイとを備え、前記第 1 レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第 2 レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第 2 レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、少なくとも前記第 1 レンズアレイまたは前記第 2 レンズアレイのいずれか 1 つは、基板の両面に略交互に凸レンズを形成したレンズ

アレイであることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 10】第 1 レンズまたは第 2 レンズの少なくとも一方の光学面を非球面とした請求項 9 記載の照明光学装置。

【請求項 11】第 1 レンズの開口は所定の被照明領域の形状と略相似形状である請求項 9 記載の照明光学装置。

【請求項 12】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第 1 レンズを二次元状に配列した第 1 レンズアレイと、前記第 1 レンズと対をなす複数の第 2 レンズを二次元状に配列した第 2 レンズアレイとを備え、前記第 1 レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第 2 レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第 2 レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、前記第 2 レンズアレイは各々がフレネルレンズである第 2 レンズから成ることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 13】第 2 レンズアレイは第 2 レンズを成すフレネルレンズ面を基板の両面に略交互に形成したレンズアレイである請求項 12 記載の照明光学装置。

【請求項 14】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第 1 レンズを二次元状に配列した第 1 レンズアレイと、前記第 1 レンズと対をなす複数の第 2 レンズを二次元状に配列した第 2 レンズアレイとを備え、前記第 1 レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第 2 レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第 2 レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、少なくとも前記第 1 レンズアレイまたは前記第 2 レンズアレイのいずれか 1 つは、透光性シリコンゴムにより形成されることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 15】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第 1 レンズを二次元状に配列した第 1 レンズアレイと、前記第 1 レンズと対をなす複数の第 2 レンズを二次元状に配列した第 2 レンズアレイと、少なくとも 1 つのライトバルブと、前記ライトバルブ上の光学像をスクリーン上に拡大投写する投写光学系とを備え、前記第 1 レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第 2 レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第 2 レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を前記ライトバルブの有効表示領域上に伝達して重畳せしめ、前記投写光学系は前記ライトバルブを出射した光を前記スクリーン上に有効に到達せしめ、前記第 2 レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第 2 レンズの各々を

密接させて配列し前記第 2 レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにしたことを特徴とする投写型表示装置。

【請求項 16】ライトバルブは液晶パネルである請求項 15 記載の投写型表示装置。

【請求項 17】少なくとも 3 原色を含む光を放射する発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第 1 レンズを二次元状に配列した第 1 レンズアレイと、前記第 1 レンズと対をなす複数の第 2 レンズを二次元状に配列した第 2 レンズアレイと、前記第 2 レンズアレイから出射する光を 3 原色の色光に分解する色分解手段と、3 原色に対応する光学像を形成する 3 枚のライトバルブと、3 枚の前記ライトバルブ上の光学像を合成してスクリーン上に拡大投写する投写光学系とを備え、前記第 1 レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第 2 レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第 2 レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を色光に応じた各々の前記ライトバルブの有効表示領域上に伝達して重畳せしめ、前記色分解手段は各々の色光を 3 枚の前記ライトバルブの対応する各々に有効に到達せしめ、前記投写光学系は 3 枚の前記ライトバルブを出射した各々の色光を前記スクリーン上に有効に到達せしめ、前記第 2 レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第 2 レンズの各々を密接させて配列し前記第 2 レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにすると共に、前記第 1 レンズアレイと前記第 2 レンズアレイの光路中に折り返しミラーを備えたことを特徴とする投写型表示装置。

【請求項 18】第 2 レンズアレイから 3 枚のライトバルブの各々に至る光路中に少なくとも 1 枚の凹レンズを備えたことを特徴とする請求項 17 記載の投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、主にライトバルブを照明する用途に用いる照明光学装置、ならびに当該照明光学装置によりライトバルブを照明し、ライトバルブ上の光学像をスクリーン上に拡大投影する投写型表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、大画面映像を表示する方法の 1 つとして、ライトバルブを用いた投写型表示装置が知られている。近年では、液晶パネルを用いた投写型表示装置が開発されており、例えば S I D' 91 ダイジェスト 491~422 ページにその構成の一例が記載されている。

【0003】このような投写型表示装置には、ライトバ

ルブ上の光学像を強力な光で照明する照明光学装置が必要であり、その性能は投写画像の画質を大きく左右する。具体的に、高効率で色再現性に優れ、明るさと色の均一性の良好な照明光学装置が要望される。

【0004】従来用いられている照明光学装置の一例として凹面鏡式照明光学装置がある。(図 18)にこのような照明光学装置の構成例を示す。主に、ランプ 201 と凹面鏡 202 から構成される。凹面鏡 202 は放物面鏡であり、発光体 203 の放射する光の大部分を集光し、光軸 204 に平行に近い照明光 205 を形成して、被照明領域 206 を照明する。

【0005】例えば、ランプ 201 にはメタルハライドランプが用いられる。他に、キセノンランプ、ハロゲンランプ等が用いられるが、これらのランプと比較して、メタルハライドランプは発光効率と色再現性に優れている。凹面鏡 202 には、他に楕円面鏡等が用いられる。

【0006】このような凹面鏡式照明光学装置は、凹面鏡 202 の集光効率が高い利点がある反面、光軸 204 近傍の光束密度が高く、被照明領域 206 の明るさむらが比較的大きい。例えば、明るさむらを改善するために、ランプ 201 の発光管表面をフロスト処理する方法が知られているが、フロスト処理された発光管は照明光を拡散させるため、被照明領域 206 の明るさが大きく低下する。

【0007】一方、照明光の明るさ均一性を改善する方法としてレンズアレイを用いたインテグレータと呼ばれる構成が知られており、例えば、特公昭 43-5089 号公報、特開平 3-111806 号公報がある。(図 19)に、このような照明光学装置の構成例を示す。

【0008】(図 19)に示す照明光学装置は、(図 18)に示した凹面鏡式照明光学装置に、第 1 レンズアレイ板 221、第 2 レンズアレイ板 222、第 3 レンズ 223 を付加している。第 1 レンズアレイ板 221 は、複数の第 1 レンズ 224 を二次元状に配列して構成する。第 2 レンズアレイ板 222 も同様に、複数の第 2 レンズ 225 を二次元状に配列して構成する。第 1 レンズアレイ板 221 は、凹面鏡 202 から出射する明るさむらの大きな単一光束を、第 1 レンズ 224 と同数の部分光束に分割する。分割後の部分光束の明るさむらは、分割前の単一光束に比較して小さい。各部分光束は、第 2 レンズアレイ板 225 により被照明領域 206 まで有効に伝達され、第 3 レンズ 223 がこれを重畳させるので、明るさ均一性の高い照明を実現できる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】(図 19)に示す照明光学装置は、明るさの均一性が高い反面、照明光の集中角に制約を設けると光利用効率が低いという問題がある。これは、特に大きな発光体と組み合わせる時により大きな問題となる。その理由を以下に述べる。

【0010】ランプ 201 から放射される光の大部分

は、凹面鏡202により反射されて第1レンズアレイ板221に入射し、第2レンズアレイ板222に到達する。従って、第2レンズアレイ板222で光の損失がなければ、ランプ201から放射される光の大部分は被照明領域206に到達することがわかる。つまり、照明光学装置全体の光利用効率、主に第2レンズアレイ板222における光の損失量に依存する。

【0011】ところで、第2レンズアレイ板222上には、凹面鏡202と第1レンズ224により、発光体203の実像が形成される。そこで、第2レンズ225の開口より大きな実像が形成されると、被照明領域206に有効に伝達されない光が発生して光損失が生じ、照明光学装置の光利用効率が低下する。

【0012】これに対し、第2レンズアレイ板222上の実像の大きさは、発光体203の大きさで決まるので、光利用効率の面から発光体の小さなランプを用いることが望ましい。例えばメタルハライドランプの場合、150W～250W相当のショートアークタイプで一般に5～10mm相当の発光体長である。メタルハライドランプの場合、発光体長を短くすると、発光特性やランプ寿命を極端に低下させるので問題がある。これは、ハロゲンランプについても同様である。

【0013】一方、光損失を低減させるために、光学系の構成は変えずに第2レンズアレイ板のみを大きくすることが考えられる。この場合、被照明領域上での照明光の集中角が大きくなり、投写型表示装置に用いる照明光学装置として、以下に述べる問題が生じる。

【0014】照明光の集中角が大きくなると、ライトバルブから出射する光の発散角が大きくなる。その結果、Fナンバーの明るい投写レンズを用いて集光する必要があるが、Fナンバーの明るい投写レンズは、有効径が大きく高価であり、コンパクトな投写光学装置を構成することが困難になる。

【0015】更に、偏光特性を利用するライトバルブは、一般に光の入射角に応じて光学特性が変化する。例えば、液晶パネルでは、照明光の集中角が大きくなると表示画像のコントラストが低下する。このため、実用上使用できる投写レンズのFナンバーには制約がある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために本発明の照明光学装置は、発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイとを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、前記

第2レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第2レンズの各々を密接させて配列し前記第2レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにしたことを特徴とする。

【0017】更に、本発明の照明光学装置はライトバルブを用いる投写型表示装置に用いることができる。

【0018】

【作用】上記構成によれば、集光手段を出射して第1レンズアレイに入射した単一光束は、第1レンズと同数の複数の部分光束に分割される。この時、分割前の単一光束は明るさむらが大きくても、分割後の各部分光束の明るさむらは比較的少ない。

【0019】次に、第1レンズを出射した複数の部分光束は、第2レンズアレイ上の対応する第2レンズに入射する。第2レンズアレイは複数の部分光束を被照明領域まで伝達して、各々を重畳させるので、明るさの均一性に優れた照明光を得ることができる。ただし、第2レンズアレイは、少なくとも一部の第2レンズの開口形状を有効に異ならせて構成する。具体的に、少なくとも一部の第2レンズについて、対応する第1レンズの開口中心と集光手段の光軸との距離が大きいものほど、その開口面積を相対的に小さくする。更に、各第2レンズを密接させて適当に配列し、できるだけ小さな面積の円を近似する開口形状の第2レンズアレイを構成する。これにより、各々の第2レンズは対応する部分光束の断面積に対し十分な開口を提供しながら、第2レンズアレイの開口面積の総和を小さくできる。

【0020】その結果、本発明の照明光学装置は、優れた明るさの均一性と共に、高い光利用効率で集中角の小さな照明光を提供する。更に、本発明の照明光学装置を用いて、明るく、明るさの均一性に優れた投写画像を呈示するコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の具体例について詳細に述べる。

【0022】(図1)は本発明の照明光学装置の第一の実施例を示す構成図である。1はメタルハライドランプ、2は発光体、3は放物面鏡、4は第1レンズアレイ板、5は第2レンズアレイ板、6は被照明領域である。7は照明光学装置の主光軸であり、発光体2から、第1レンズアレイ板4の有効領域の中心4aと第2レンズアレイ板5の有効領域の中心5aを経て、被照明領域の中心6aに至る。ただし、主光軸7と放物面鏡3の回転対称軸は一致している。被照明領域6は、例えば液晶パネルなどのライトバルブの有効表示領域とする。

【0023】一般に、メタルハライドランプ1は円筒形に近い発光体2を形成する。発光体2の長軸方向と主光軸7の方向を一致させ、その重心は放物面鏡3の焦点近傍に位置している。従って、第1レンズアレイ板4には

主光軸7と平行に近い光が入射する。厳密には、放物面鏡3の焦点から放射された光が主光軸7と平行に入射する。

【0024】(図2)に、第1レンズアレイ板4の構成の一例を示す。被照明領域6と相似形状である矩形開口の第1レンズ10を18個配列している。図中のa~rの記号は、後述する第2レンズアレイ板5の構成例との対応関係を示す。第1レンズ10は全て平凸レンズであり、その凸面を放物面鏡3側に向けて配置している。

【0025】第1レンズ10の開口はすべて同一形状であり、アスペクト比4:3の矩形開口である。これは、例えばNTSCのTV画像を表示する液晶パネルを照明する場合を想定し、被照明領域6に対して相似形状としている。第1レンズ10は、放物面鏡3から出射する光束の断面形状に合わせて、開口の総和が円形を近似するように配列している。第1レンズアレイ板4の有効領域の中心4aは、18個の第1レンズ10が内接する円の中心であり、この中心4aを主光軸7は通過する。ここで、第1レンズの個数を分割数N、被照明領域の第1レンズの開口に対する相似比を第2レンズの倍率M、と定義し、以下に述べる全ての実施例に関する説明において引用する。

【0026】(図3)に、第2レンズアレイ板5の構成の一例を示す。第1レンズ10と同数の18個の第2レンズ15を密接させて配列している。図中のa'~r'の記号は、(図2)に示した第1レンズ10との対応関係を示す。第2レンズ15は全て平凸レンズとし、その凸面を被照明領域6側に向けて配置している。

【0027】以上の構成をふまえ、本発明の照明光学装置の第一の実施例における照明の手順と特徴を説明する。放物面鏡3は発光体2から放射される光を集光し、主光軸7に沿った単一光束を形成する。この単一光束は、主光軸7の近傍ほど光束密度が高く明るさむらが大きい。第1レンズアレイ板4に入射した単一光束は、18個の第1レンズ10により18本の部分光束に分割される。分割後の各部分光束は、元の単一光束に比較して明るさむらが小さくなる。第1レンズ10は、対応する部分光束を対応する第2レンズ15の開口部に導くと共に、第2レンズ15の開口部近傍で各々の部分光束を最も収束させる。

【0028】第2レンズ15は、対応する部分光束を適当な大きさに拡大し、被照明領域6上に重ね合わせる。具体的に、対応する第1レンズ10の開口に即した断面形状の光束を倍率Mだけ拡大し、被照明領域6上に導いて重畳させる。第1レンズ10の開口を被照明領域6と相似形状としているので、照明光の光束断面形状と被照明領域6の形状が一致し、光利用効率の面で有利となる。

【0029】本発明の照明光学装置は、明るさむらの大きな単一光束を明るさむらの小さい部分光束に分割し、

これを被照明領域上に重畳させているので、明るさの均一性に優れた照明を実現できるという特徴がある。

【0030】一方、ランプの消費電力を大きくすることなく明るい照明光を得るために、光利用効率の高い照明光学装置を構成することは重要である。発光体2から放射された光の大部分は、放物面鏡3により集光されて第1レンズアレイ板4に入射し、第2レンズアレイ板5に到達する。従って、第2レンズアレイ板5における光の損失が少なければ、発光体2から放射される光の大部分は有効に被照明領域6に到達することがわかる。そこで、第2レンズ15の各々の開口をそれを通する部分光束の各々の断面に対して十分な大きさとすれば、極めて高い光利用効率を実現できる。

【0031】一方、第2レンズ15の各々の開口を大きくすると第2レンズアレイ板5の有効領域が大きくなり、被照明領域6を照明する照明光の集中角が増加するという問題を生じる。つまり、照明光の最大Fナンバーが小さくなり、この照明光学装置を用いてライトバルブを照明する場合に、効率よく照明光を集光するためにはFナンバーの小さな投写レンズと組み合わせる必要がある。

【0032】これに対し、(図3)に示す第2レンズアレイ板5は、照明光の集中角をあまり大きくすることなく高い光利用効率を実現できる第2レンズ15の各々の開口形状の一例とそれらの配列の一例を提供している。一般に、第2レンズアレイ板5に入射する各々の部分光束の最も収束した断面の大きさは明るさむらを反映して不揃いとなる。そこで、第2レンズ15の各々の開口を有効に異ならせれば、いずれの部分光束に対しても必要十分な開口を与えることができる。この場合、光学系の配置誤差などを考慮してそれぞれの開口に余裕を与えても構わない。同時に、第2レンズ15の各々をできるだけ密接させて配列し、第2レンズアレイ板5の有効領域をできるだけ小さな円領域に近似させる。

【0033】その結果、有効に異ならせた第2レンズ15の各々の開口は、各々の開口を通するいずれの部分光束についても大きな損失を生じさせない。同時に、第2レンズアレイ5の有効領域を小さくできるので、光利用効率をあまり低下させることなく集中角の小さい照明光を形成できる。従って、本発明の照明光学装置は、集中角が小さく明るさむらの少ない照明光を高い光利用効率で形成でき、極めて大きな効果を得ることができる。

【0034】次に、(図4)を用い第2レンズの開口について補足する。(図4)は、特に、第1レンズ10f及び第2レンズ15f'の組み合わせに着目し、発光体2から、放物面鏡3、第1レンズ10f、第2レンズ15f'、被照明領域6に到る経路に沿って、関連する要素のみを記述している。

【0035】発光体2の長さ(長軸方向)をdL、太さ(短軸方向)をdW、放物面鏡3の焦点距離をP、第1

レンズ10fの焦点距離をF1、第2レンズ15f'の焦点距離をF2、第1レンズ10fと第2レンズ15f'の主光軸7に沿った距離をX1、第2レンズ15f'と被照明領域6の主光軸7に沿った距離をX2とおく。放物面鏡3の焦点21から出射し、第1レンズ10fの開口中心22、第2レンズ15f'の開口中心23を経て、被照明領域6の中心24に至る光線に沿った経路を、着目しているレンズ系の補助光軸25とする。ただし、第1レンズ10fと第2レンズ15f'間の補助光軸25aと主光軸7のなす角、第2レンズ15f'と被照明領域6間の補助光軸25bと主光軸7のなす角、はいずれも小さいと見なし、第1レンズ10fと第2レンズ15f'の補助光軸25aに沿った長さ、第2レンズ15f'と被照明領域6間の補助光軸25bに沿った長さは、それぞれ、X1、X2と等しいと見なす。

【0036】第1レンズ10fの焦点距離F1は、X1と一致しており、放物面鏡3の焦点21から出射し、主光軸7と平行に第1レンズ10fに入射した光は、第2レンズ15f'上で補助光軸25と交わる。つまり、放物面鏡3と第1レンズ10fの働きにより、第2レンズ15f'上に発光体2の実像26が形成される。第2レンズ15f'は第1レンズ10f上の物体27の実像28を被照明領域6上に形成する。ただし、倍率Mは被照明領域6と第1レンズ10fの開口との相似比から決まり、X1とX2の比におよそ等しくなる。

【0037】第1レンズ10fは、第2レンズ15f'の開口中心23の近傍に発光体2の実像26を形成し、第2レンズ15f'は第1レンズ10fの開口中心22から出射した光を被照明領域6の中心24に到達させる必要がある。そこで、第1レンズ10fと第2レンズ15f'は適宜偏心させている。具体的に、例えば、第1レンズ10fの回転対象軸の延長上に第2レンズ15f'の開口中心23が位置するように、第1レンズ10fを偏心させる。第2レンズ15f'の曲率中心を第1レンズ10fの開口中心22と被照明領域6の中心24を結ぶ直線上に位置するように、第2レンズ15f'を偏心させる。

【0038】以上の構成から、第2レンズ15f'の開口に比較して発光体2の実像26が小さければ、第1レンズ10fと第2レンズ15f'を通過する部分光束について高い光利用効率を得る。従って、各々の第1レンズ10fが作る発光体2の実像の大きさを明らかにすれば、各々の第2レンズ15f'の開口形状を損失の少ない必要十分な形状にできる。

【0039】(図5)は第1レンズアレイ板4上の着目している第1レンズ10fのみを示す。第1レンズ10fの高さHを、開口中心22の主光軸7に対する高さとして定義する。二次元に展開した場合の高さHの定義を(図4)中に図示する。更に、第1レンズアレイ板4上で互いに直交する方向UとVを定義する。主光軸7との

交点4aを中心とする円を考えた場合に、Uはその半径方向、Vはその円周方向に相当する。着目している第1レンズ10fについて方向Uはその高さH方向である。

【0040】(図6)は第2レンズアレイ板5上の着目している第2レンズ15f'のみと、そこに作られる発光体像26fの一例を示す。第1レンズアレイ板4上で定義した方向UとVを第2レンズアレイ板5上に写して考える。発光体像26fの長さ方向dL'は第2レンズアレイ板5上での半径方向Uと一致し、太さ方向dW'はそれと直交する方向Vと一致する。ここで、長さ方向の倍率dL'/dLをKL、太さ方向の倍率dW'/dWをKWとする。

【0041】(図7)は、第2レンズアレイ板5上に作られるすべての発光体像26の様子を観測した結果の一例を示す。発光体像26の大きさは、対応する第1レンズ10fが主光軸7の近傍に位置するほど相対的に大きく、主光軸7から離れて位置するほど相対的に小さいことが明らかとなる。

【0042】(図8)は、第1レンズ10fの高さHと発光体像26の倍率KL、KWの関係を求めた結果の一例を示す。高さHが増加するほど太さ方向の倍率KWは単調に減少する。長さ方向の倍率KLはある高さH₀で極大となり、その後、高さHが増加すると単調に減少する。

【0043】ところで、(図4)においてHが十分に小さく主光軸7の近傍に第1レンズ10fがある場合、発光体像26は特異な形状となる。発光体2の見かけの長さは0に近づき、太さ方向の断面形状である円形に近い発光体像となる。このため、(図8)において、高さH<H₀となる領域では太さ方向の倍率KWが支配的となる。

【0044】以上のことから、第1レンズの高さHが大きくなるほど対応する第2レンズ上の発光体像の面積は相対的に小さくなることが明らかとなる。そこで、対応する第1レンズが主光軸より離れて位置するものほど第2レンズの開口面積を相対的に小さくしても、光の損失はあまり問題とならない。

【0045】このことは、第2レンズの各々の開口形状についてのより好ましい状態を提供する。すなわち、対応する第1レンズ10fの高さHが大きいものほど第2レンズ15f'の開口面積を小さくしても、各々の第2レンズ15f'は対応する各々の発光体像26に対し必要十分な開口を確保できる。加えて、例えば第2レンズ15f'の各々の開口を矩形とし、それらを密接させてできるだけ小さい面積の円領域を近似するように配列すれば、第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくすることができる。その結果、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で集中角が小さく明るさの均一性に優れた照明光を提供できる。

【0046】ただし、(図7)に示す第2レンズアレイ

板5の実施例において、特に、 e' 、 f' 、 m' 、 n' で表した第2レンズ15は、隣接するレンズとの整合性から各々の発光体像26に対して必要以上に大きい開口形状としている。この場合、特に矩形開口とする必要はなく発光体像の存在しない領域を非レンズ領域としても良い。

【0047】本発明の照明光学装置の第一の実施例において、凹面鏡は特に放物面鏡でなくとも構わない。(図9)はこのような場合の実施例を示しており、凹面鏡71は楕円面鏡を用いている。楕円面鏡71の形状に合わせて、第1レンズ10'と第2レンズ15'の曲率、偏心量、開口形状を適宜定めて、第1レンズアレイ板4'、第2レンズアレイ板5'を適宜構成すれば良い。この場合も、対応する部分光束の断面に対し第2レンズ15'の各々の開口を適宜に異ならせ、それらを密接させて配列すれば良い。その結果、上述と同様の効果を得ることができる。

【0048】(図10)は、発光体2から放射される光を集光レンズ72と球面鏡73を用いて集光する場合の実施例を示す。一般に、集光レンズ72が正弦条件を十分に満たせば、明るさむらの少ない光束を得ることができる。ところが、発光体2から放射される光を高い効率で集光しようとするれば、集光レンズ72のFナンバーを小さくしなければならず、軸外に到るまで正弦条件を十分に満たすことは難しい。この場合も、第2レンズ15'の各々の開口を適宜に異ならせ、それらを密接させて配列し、上述と同様の効果を得ることができる。

【0049】(図9)と(図10)で示したいずれの実施例も、第1レンズアレイ板に入射する光束の明るさむらは、主光軸の近傍ほど明るく、主光軸から離れるほど暗い。これは、放物面鏡を用いて述べた(図1)の構成と同様に、光軸上に配置された発光体の放射光を、光軸について光学的に回転対称の光学系を用いて集光する場合に同様である。このような場合、第1レンズが作る発光体像の大きさは、第1レンズの高さHが大きくなるほど小さくなる。従って、対応する第1レンズの高さHが大きくなるほど第2レンズの開口面積を小さくし、それらを密接させることは、高い光利用効率で集中角の小さい照明光を得るために有効である。

【0050】発光体から放射される光を高い効率で第1レンズアレイ板に入射させるには、集光できる立体角の大きい放物面鏡や楕円面鏡などの凹面鏡を用いるほうが有利である。この場合、長軸方向を凹面鏡の光軸方向に揃えて発光体を配置すれば、光軸について回転対称に近い光束を得ることができ、第1レンズアレイ板と第2レンズアレイ板を設計する上で有利である。

【0051】第1レンズを平凸レンズとし、光源側に凸面を向けて第1レンズを構成した場合の実施例について特に述べたが、本発明の効果はこの構成に限定されない。ただし、第1レンズを平凸レンズとすると、第1レ

ンズアレイの量産時の作り易さ、コストの面で有利となる。これは、第2レンズアレイ板についても同様である。また、照明光の平行度が高い放物面鏡3側に第1レンズ10の凸面を向けることで諸収差の発生を抑制でき、各々の部分光束を効率良く対応する第2レンズの開口部に導くことができる。

【0052】本発明の照明光学装置に用いるレンズアレイ板を加工のしやすい構成とすることは、コストと量産性の両面で利点がある。特に、一般的なガラスプレス法を用いて加工する場合、急峻な段差部の少ない形状であることが好ましい。特に、各々が偏心したレンズや、各々の開口の異なるレンズをアレイ状に配列する場合、レンズ境界部に生じる段差の影響がより大きな問題となる。これに対し、レンズ境界部を大きくして段差を緩和させると、境界部での光損失が増加するので問題がある。

【0053】(図11)はこのような場合の第1レンズ板の構成の一例を示す。ただし、(図11)において、(a)は第1レンズアレイ板83の平面図、(b)は(a)のA-A'面における断面図、(c)は(a)のB-B'面における断面図である。第1レンズアレイ板83は、例えば、隣接する第1レンズ、81と82の凸レンズ面を反対面に形成し、各々の第1レンズの凸レンズ面が基板について交互に両面となるようにしている。

【0054】第1レンズアレイ板をこのような構成にすると、レンズ境界部の加工が容易になるという利点がある。また、境界部を小さくすることができるので、レンズアレイ板の開口効率を高くできる。このようなレンズアレイ板の構成は、第2レンズアレイ板についても有効である。特に、第2レンズアレイ板は第2レンズの開口形状を各々異ならせて配列するので、加工性の面でより大きな効果を得ることができる。

【0055】特に、第2レンズアレイ板を(図12)に示すような構成にすると、レンズアレイ板の加工性の面で大きな効果を得ることができる。これは、各々は開口に対して偏心させたフレネルレンズを第2レンズ91として用いて、第2レンズアレイ板92を構成している。第2レンズ91をフレネルレンズとすると、偏心量やその開口形状に依らずコバ部の高さを一定にできる。従って、レンズ境界部の非レンズ領域を非常に小さくすると共に、優れた加工性を得ることができる。この場合も、隣接する第2レンズ91を基板に対して両面に交互に形成すれば、加工性の面でより大きな効果を得る。

【0056】ところで、耐熱性に優れ、比較的透明度の高い樹脂材料の1つとしてシリコン樹脂が知られている。本発明の照明光学装置に用いる第1レンズアレイ板、または第2レンズアレイ板の少なくともいずれか一方を、透明度の高いシリコンゴムを用いて形成すると以下に述べる利点がある。

【0057】これまで述べたように、各々が偏心し、か

つ各偏心量や偏心の方向が異なる複数のレンズをアレイ状に構成する場合、加工の難易度が高いという問題が生じる。併せて、コストも比較的高くなる。これは、各レンズの開口形状が異なる場合により大きな問題となる。例えば、ガラスプレス法により形成する場合、高温の熔融ガラスを用いるので、耐熱性の優れた金属型が必要である。一般に金属型は、耐熱性が高いほど加工しにくく、コストも高くなる。

【0058】このため、耐熱性の低い材料からなる母型を用いて、レンズアレイ板を形成できれば、加工性とコストの両面から利点がある。一般に、二液型として知られるシリコンゴムは、原材料は液状であり、その多くは常温下のプロセスで硬化させることができるので有効である。加熱を伴う場合でも100°C前後の加熱で良い。また、硬化後は安定性が高く、耐熱性、対候性も優れている。具体的には、例えば、信越化学工業(株)のKE106、KE108を用いることができる。KE106は、付加反応により硬化し、KE108は縮合反応により硬化する。

【0059】これにより、金属型を用いる場合、例えば、比較的安価で加工性にも優れた真鍮を使用できる。レンズ面に鏡面が要求される場合には、ニッケル、クロムなどをめっきすれば良い。また、原型から型を取り母型を形成する方法も有効である。例えば、任意に偏心させた任意の開口形状を持つ複数の平凸レンズを接合してレンズアレイ板の原型を用意し、適当な樹脂材料を用いて注型法により母型を取ることができる。

【0060】いずれの場合も、加工された母型に、液状のシリコンゴム材料を注入し硬化させて、比較的容易な加工法と安価なコストでレンズアレイ板を形成することができ、大きな効果を得ることができる。この場合、複数の母型を用意することで少ロットの量産に対応できる。

【0061】上に述べた実施例において、第1レンズの開口形状を被照明領域と相似形状として説明した。これは、被照明領域を照明する光束の断面形状を被照明領域の形状に合わせることができるので、光利用効率の面で有効である。しかし、本発明の効果は特に第1レンズの開口形状には依らず、必ずしも被照明領域と相似形状とする必要はない。

【0062】また、発光体、凹面鏡、第1レンズ、第2レンズ、第1レンズアレイ板、第2レンズアレイ板、の形状、構成、位置関係などは、特に上に述べた関係を厳密に満たす必要はない。被照明領域を照明する光が所定の性能を満たすように適宜、変更しても構わない。特に、第1レンズ、第2レンズのいずれかの光学面の少なくとも1つを非球面形状とすれば、照明光に与える諸収差の影響を低減でき、光利用効率を更に高めることができる。

【0063】ランプは特にメタルハライドランプである

必要はない。他に、ハロゲンランプ、キソノンランプなどを用いても構わない。ただし、メタルハライドランプは、他のランプに比較して発光体が大きい反面、発光効率と色再現特性に優れている。本発明の照明光学装置は、発光体の大きいランプを用いるほどより大きな効果を得ることができるので、メタルハライドランプを用いるとより優れた照明光学装置を実現できる。

【0064】次に、(図13)を用い、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成した場合の第一の実施例について述べる。50は、(図1)に示したものと同一照明光学装置である。51は透過型のツイストネマティック液晶パネル、52は投写レンズ、53はスクリーンを表す。投写レンズ52はテレセントリックの投写レンズを用いている。

【0065】照明光学装置50は、上述の作用にもとづき明るく均一性に優れた照明光で液晶パネル51の有効表示領域51aを照明する。しかも、光損失を大きくすることなく第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくできるので、液晶パネル51を照明する光の集中角が小さい。このため、比較的Fナンバーの大きな投写レンズ52を用いて、明るく、明るさの均一性の優れた投写画像を提供できる。また、照明光の集中角が小さいので、液晶パネル51の視野角特性の影響をあまり受けることなく、コントラストの高い投写画像を実現できる。その結果、高画質で光利用効率の優れた投写型表示装置を実現でき、非常に大きな効果がある。

【0066】以下、(図1)及び(図9)を用いて述べた本発明の照明光学装置及び投写型表示装置の一実施例における効果を、具体的な数値を挙げて説明する。

【0067】液晶パネル51としてアクティブマトリックス式のツイストネマティック液晶パネルを用い、有効表示領域は対角長80mm、アスペクト比4:3である。照明光学装置50の分割数Nは18とし、倍率Mは3.2とした。メタルハライドランプ1は250W相当のものを用い、発光体2の有効長さdLは約6mm、有効太さdWは約3mmであり、放物面鏡3は焦点距離12mm、出射開口部直径100mmのものを用いた。

【0068】第1レンズ10は、対角25mm、アスペクト比4:3の矩形開口とし、(図2)に示した構成例に基づいて第1レンズアレイ板4を形成した。また、第1レンズアレイ板4と第2レンズアレイ板5の面間隔X1は約90mm、第2レンズアレイ板5と液晶パネル51との面間隔X2は約280mmとし、第1レンズ10の焦点距離F1は全て90mm、第2レンズ15の焦点距離F2は全て67mmとした。

【0069】第2レンズアレイ板5は(図3)に示した構成例に基づいて形成し、第2レンズ15はそれぞれa'~r'で表したものについて(表1)の開口長を与えた。ただし、水平方向とは液晶パネル51の横方向、垂直方向とは液晶パネル51の縦方向に相当する。

【0070】

* * 【表1】
第2レンズ開口長の数値例

第2レンズ記号	水平方向開口長	垂直方向開口長
a'、c'、p'、r'	10mm	10mm
b'、q'	6mm	12mm
d'、g'、l'、o'	12mm	10mm
e'、f'、m'、n'	20mm	17mm
h'、k'	11mm	12mm
i'、j'	23mm	12mm

【0071】以上の構成によれば、第2レンズアレイ板5の開口部が内接する円の半径が3.5mmとなり、最大集中角約14度の照明光により液晶パネル51上で最大250万lxの照度が測定された。次に、投写レンズ52としてF4相当のものをを用い、40インチのスクリーン53上の投写画像の明るさを測定した所、約1000lxの最大照度が得られた。同時に、明るさの均一性は極めて良好であり、最も暗い所と明るい所の照度比は約60%であった。

【0072】本発明の効果を従来と比較検証するため、(図14)に示す第2レンズアレイ板60を構成した。第2レンズ61は第1レンズ10と全て同一の開口形状であり、具体的に、対角25mm、アスペクト比4:3の矩形とした。加えて、第1レンズ10と同一の手法によって配列した。これに対応する第1レンズアレイ板として、(図2)に示したものと同一の構成で、第1レンズは各々偏心していないもの構成した。ただし、各レンズの焦点距離は変更しておらず、第2レンズ61は各部分光束を有効に重畳させるように適宜偏心させた。以上述べた2枚のレンズアレイ板、同一のランプ、同一の放物面鏡、同一の液晶パネルを用いて同様の実験を行った。

【0073】(図10)に示した第2レンズアレイ板60は、開口部の内接する円の半径が4.5mmあり、照明光の最大集中角は約18度まで広がった。この照明光を全て利用して照度を測定した場合、液晶パネル51上で230万lxの照度が得られた。また、第2レンズアレイ板60上の発光体像62を観察した結果、主光軸7の近傍に位置する発光体像62の一部は、対応する第2レンズ61の開口より大きく光の損失が発生していた。(図10)に、発光体像62の観察結果を模式的に書き加える。

【0074】これに対し、F3相当の投写レンズを用いて40インチのスクリーン53上の明るさを測定した所、最大照度は約9000lxであった。更に、上述と

同じF4相当の投写レンズを用いた場合、最大照度は約6000lxまで低下した。

【0075】以上述べた結果から、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率でもって集中角が小さく、明るさの均一性に優れた照明光を形成することが確認できた。また、本発明の投写型表示装置は、F値の大きな投写レンズを用いた場合であっても光損失をあまり発生させることなく、明るさと明るさの均一性に優れた投写画像を提供できることを確認できた。加えて、ライトバルブとして液晶パネルを用いた場合、F3の投写レンズに比較してF4の投写レンズを用いると、コントラストの高い表示を実現できることが視感評価から確認できた。

【0076】次に、本発明の投写型表示装置の他の実施例を述べる。(図15)は、R、G、Bの三原色に対応した3枚の液晶パネル101、102、103を用いてフルカラーの投写型表示装置を実現する場合の構成例である。メタルハライドランプ1、放物面鏡3、第1レンズアレイ板4、第2レンズアレイ板5、コールドミラー104、UV-IRカットフィルタ105、色分解ダイクロイックミラー106、108、フィルードレンズ113、114、115、液晶パネル101、102、103、色合成ダイクロイックミラー109、110、折返しミラー107、111、投写レンズ112から構成される。ランプ1、放物面鏡3、第1レンズアレイ板4、第2レンズアレイ板5は、(図1)に示したものと同一である。

【0077】コールドミラー104、UV-IRカットフィルタ105は、照明光から不要な熱線や紫外線を取り除くために用いる。色分解ダイクロイックミラー106、108は、その分光反射特性を適宜設計して、照明光をR、G、Bの3原色に分解する。分解された3原色の照明光は、それぞれR、G、Bに対応した映像信号により駆動された液晶パネル101、102、103を照明する。液晶パネル101、102、103上に作られたR、G、Bの光学像は、色合成ダイクロイックミラー

109、110により合成され、投写レンズ112によりスクリーン上にカラー画像が拡大投影される。フィールドレンズ113、114、115は、照明光を投写レンズ112の入射瞳内に有効に到達させるために用いる。

【0078】(図15)に示す構成においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で均一性の優れた照明光を実現でき、かつ、照明光の集中角が小さいのでF値の大きな投写レンズを利用でき、極めて大きな効果が得られる。結果として、明るく、均一性に優れた高画質の投写画像が得られるコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

【0079】また、(図15)に示す構成は、第2レンズアレイ板5から液晶パネル101、102、103に到る3つの光路長をいずれも同じくすることができる構成を示している。これは、1つのランプと1つの凹面鏡、1つの第1レンズアレイ板、1つの第2レンズアレイ板を用いて、3原色に対応する3枚の液晶パネルの照明をいずれも同じ条件で行うことができるので、明るさと色の均一性に優れた表示を行う上で優れている。また、光源部の部品数を少なくできる利点がある。

【0080】(図15)に示す構成の投写型表示装置は、第1レンズアレイ板4と第2レンズアレイ板5の間の光路中にコールドミラー104を配置する間隔を確保し、(図16)に示す構成とすることもできる。これにより、よりコンパクトな投写型表示装置にすることができる。

【0081】ところで、(図16)に示す構成とした場合に以下に述べる工夫を行うことでより大きな効果を得ることができる。このような場合の投写型表示装置の実施例を(図17)に示す。(図17)に示す構成は、

(図16)に示す構成の第2レンズアレイ板5と液晶パネル101、102、103の光路中に、凹レンズ121、122を付加している。その理由を説明する。

【0082】第2レンズアレイ板5と液晶パネル101、102、103の間の光路長は、ダイクロイックミラー106、108、あるいは折り返しミラー107のいずれか2枚を配置できる間隔から決まる。必要以上に光路長を長くするとセットが大きくなるため問題がある。一方、好ましくは第1レンズアレイ板4と第2レンズアレイ板5の間にコールドミラー104を配置する一定の光路長が必要である。その結果、第1レンズの開口形状と液晶パネルの有効表示領域の相似比、すなわち第2レンズの倍率Mに一定の制約を生じる。

【0083】(図4)の構成に置き換えて説明すれば、光路長 X_1 と X_2 が決まれば、倍率Mは光路長 X_1 と X_2 の比として制約される。これに対し、凹面鏡3の開口のみをあまり大きくするとコンパクトなセットを実現できないので、第1レンズの開口寸法の制約から分割数Nも制約される。分割数Nは明るさの均一性を得るために

ある程度大きくする必要があるので、分割数Nが制約を受けることは大きな問題となる。

【0084】これに対し、凹レンズ121、122を用いると、用いない場合に比較して分割数Nを大きくできる。これは、第2レンズより液晶パネル側に凹レンズを付加することで、付加しない場合に比較して入射側の主点位置を第1レンズ10側に移動させることができるためである。つまり、(図4)の構成に置き換えて説明すれば、等価的に光路長 X_1 を短く、光路長 X_2 を長くできる。その結果、投写画像の明るさ均一性をあまり損なうことなくコンパクトな投写光学装置を実現できる。

【0085】上に述べた各実施例の投写光学装置では、ライトバルブとして液晶パネルを用いた例を説明したが、照明光を空間的に変調できる素子であれば、同様の効果を得ることができる。また、(図15)及び(図16)及び(図17)に示した投写型表示装置の各実施例は、特に説明した構成にのみ本発明の効果を限定するものではなく、本発明の効果を損なわない範囲内で異なる構成であっても良い。

【0086】以上述べたいずれの実施例においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で明るさ均一性に優れ、かつ集中角の小さな照明光を得ることができる。更に、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成した場合に、Fナンバーの大きな投写レンズと組み合わせても、明るく、明るさ均一性に優れたコンパクトな投写型表示装置を実現することができ、極めて大きな効果を得ることができる。

【0087】また(図1)を用いて述べた第1の実施例における本発明の効果は、使用するランプの発光体が大きいほど大きく、特にメタルハライドランプを用いた場合に極めて大きな効果を実現できる。

【0088】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の照明光学装置は、被照明領域への照明光の集中角を大きくすることなく、高い光利用効率で明るさの均一性に優れた照明を提供することができる。更に、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成すれば、明るく、明るさの均一性に優れた投写画像を呈示するコンパクトな装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の照明光学装置の一実施例を示す構成図

【図2】第1レンズアレイ板の一実施例を示す構成図

【図3】第2レンズアレイ板の一実施例を示す構成図

【図4】本発明の照明光学装置の作用を説明する図

【図5】(図2)に示す第1レンズアレイ板の着目する第1レンズのみについて、その構成を示す構成図

【図6】(図3)に示す第2レンズアレイ板の着目する第2レンズのみについて、その構成と第2レンズ上に作られる発光体像を示す構成図

【図7】(図3)に示す第2レンズアレイ板上に形成さ

れる発光体像の模式図

【図8】本発明の照明光学装置の一実施例における第1レンズの高さHと発光体像の倍率KL、KWの相関図

【図9】本発明の照明光学装置の他の実施例を示す構成図

【図10】本発明の照明光学装置の他の実施例を示す構成図

【図11】本発明に用いるレンズアレイ板の他の実施例を示す構成図

【図12】本発明に用いる第2レンズアレイ板の他の実施例を示す構成図

【図13】本発明の投写型表示装置の一実施例を示す構成図

【図14】従来の第2レンズアレイ板の一構成例と、それを用いた場合の発光体像の模式図

【図15】本発明の投写型表示装置の他の実施例を示す構成図

【図16】本発明の投写型表示装置の他の実施例を示す*

* 構成図

【図17】本発明の投写型表示装置の他の実施例を示す構成図

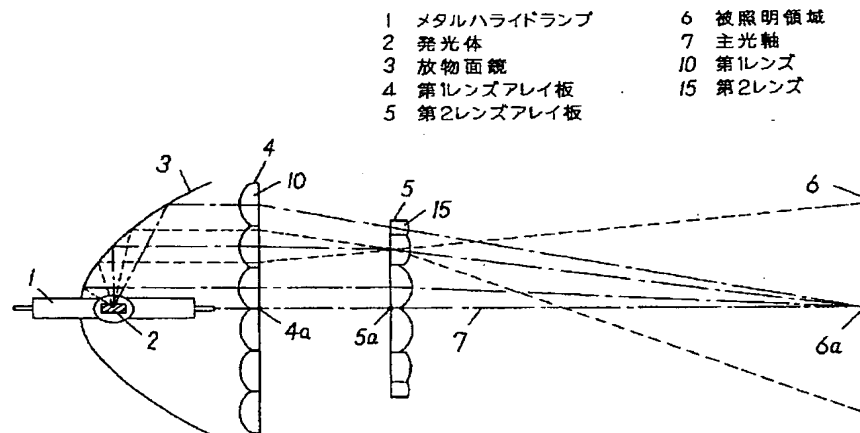
【図18】従来の照明光学装置の一例を示す構成図

【図19】従来の照明光学装置の他の一例を示す構成図

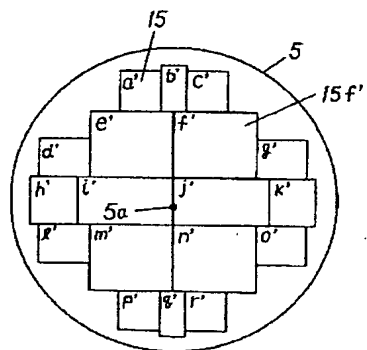
【符号の説明】

- 1 メタルハライドランプ
- 2 発光体
- 3 放物面鏡
- 4 第1レンズアレイ板
- 5 第2レンズアレイ板
- 6 被照明領域
- 7 主光軸
- 10 第1レンズ
- 15 第2レンズ
- 51 液晶パネル
- 52 投写レンズ
- 53 スクリーン

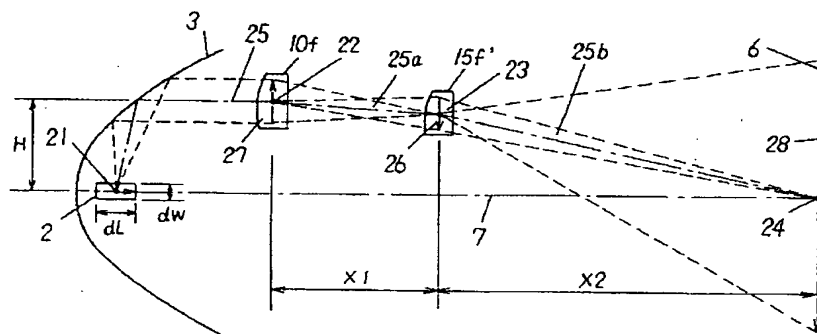
【図1】



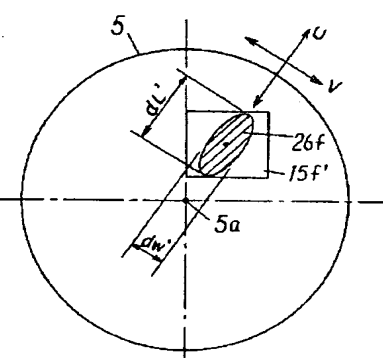
【図3】



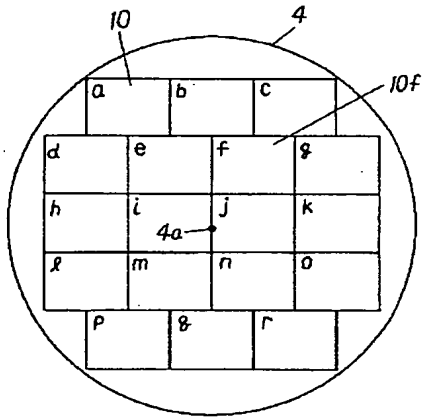
【図4】



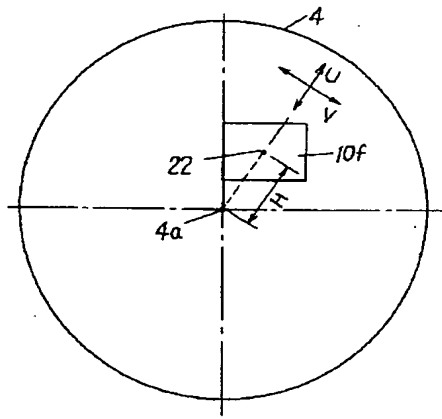
【図6】



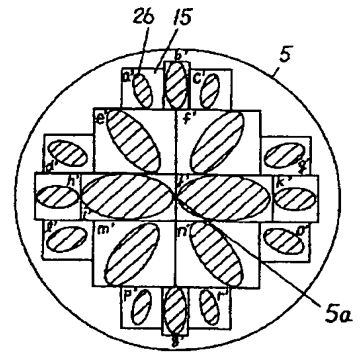
【図2】



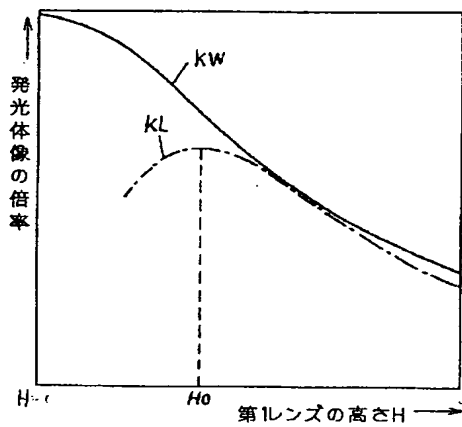
【図5】



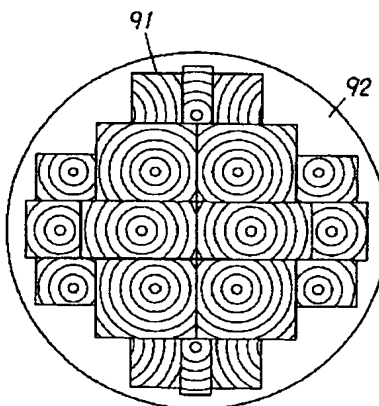
【図7】



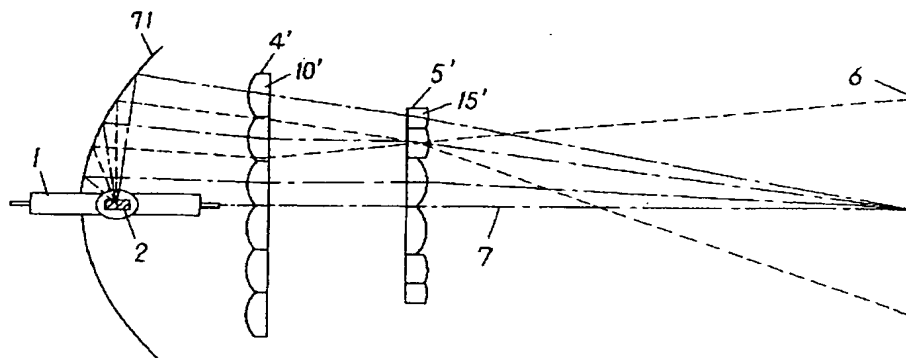
【図8】



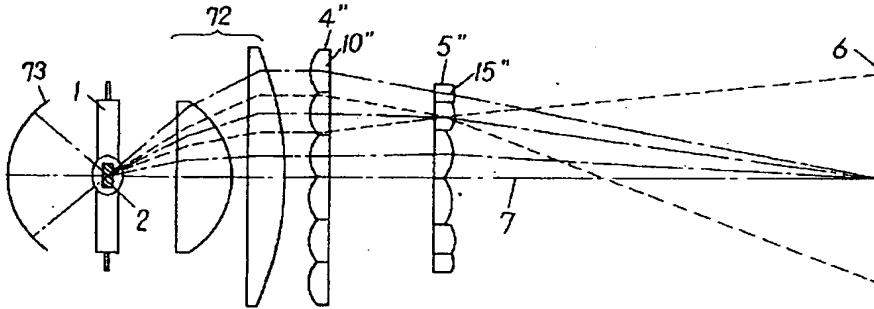
【図12】



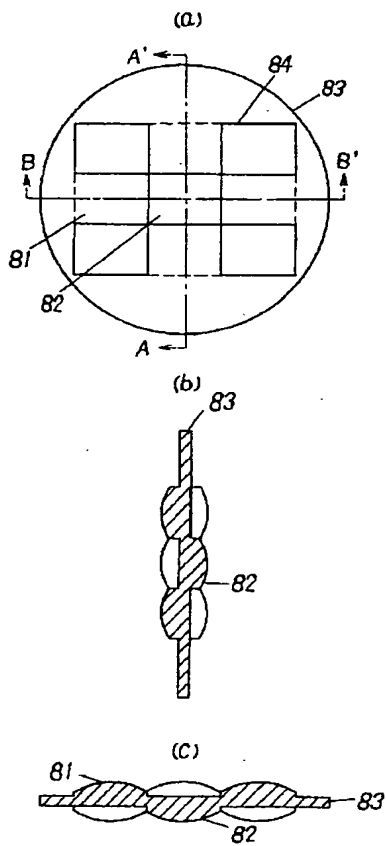
【図9】



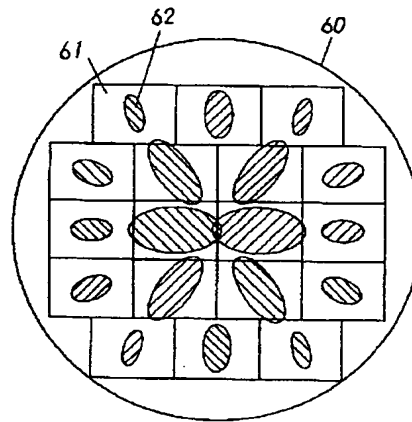
【図10】



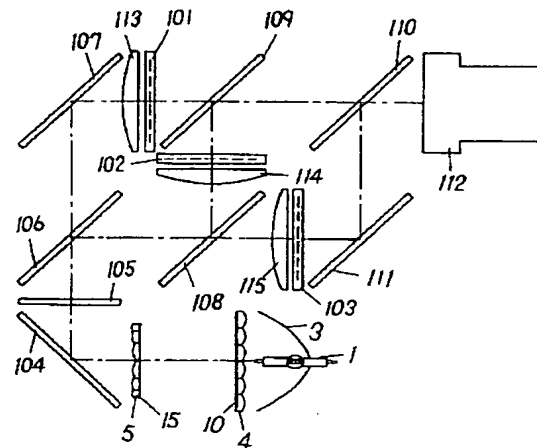
【図11】



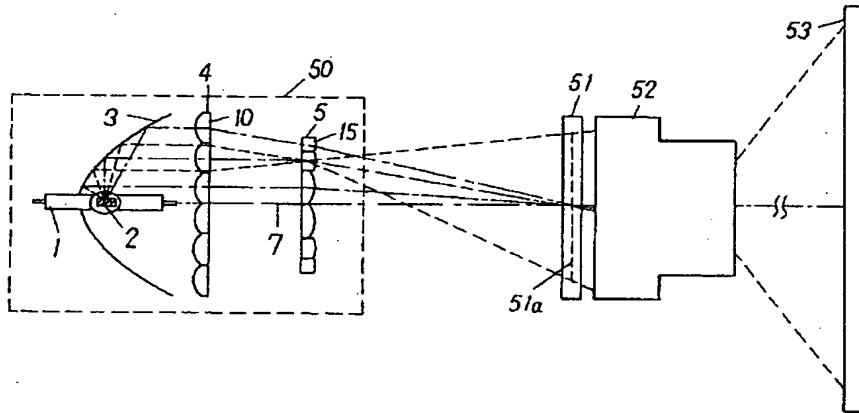
【図14】



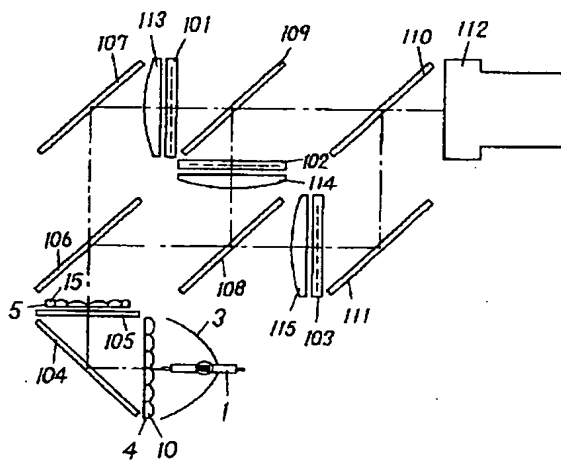
【図15】



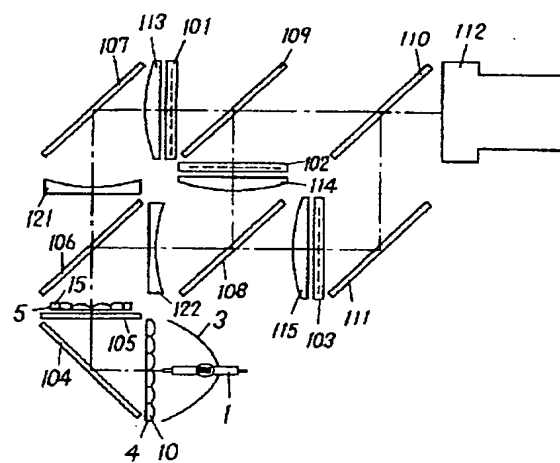
【図13】



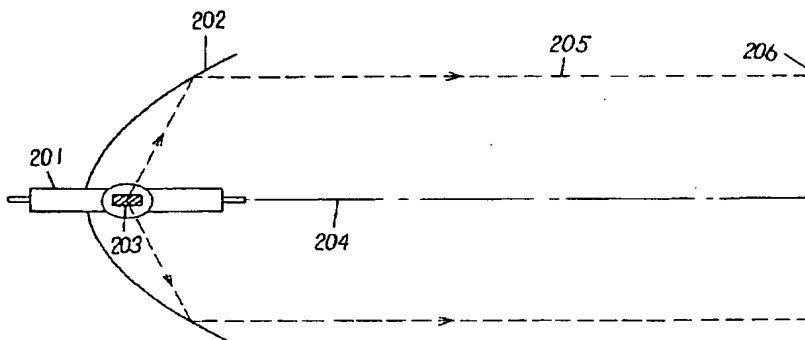
【図16】



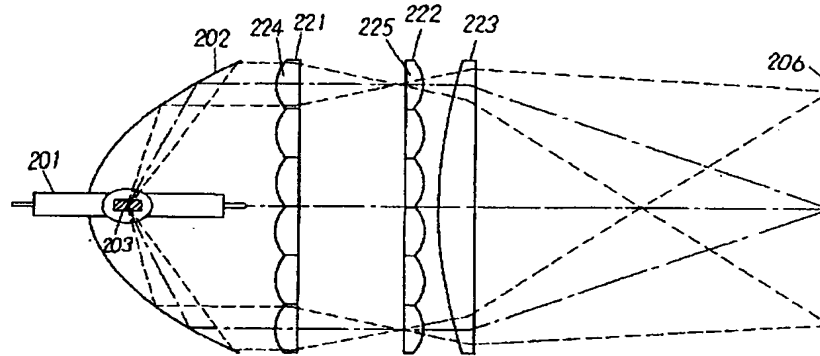
【図17】



【図18】



【図 19】



【手続補正書】

【提出日】平成5年3月19日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【発明が解決しようとする課題】（図19）に示す照明光学装置は、明るさの均一性が高い反面、照明光の照射角に制約を設けると光利用効率が低いという問題がある。これは、特に大きな発光体と組み合わせた時により大きな問題となる。その理由を以下に述べる。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】一方、光損失を低減させるために、光学系の構成は変えずに第2レンズアレイ板のみを大きくすることが考えられる。この場合、被照明領域上での照明光の照射角が大きくなり、投写型表示装置に用いる照明光学装置として、以下に述べる問題が生じる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】照明光の照射角が大きくなると、ライトバルブから出射する光の発散角が大きくなる。その結果、Fナンバーの明るい投写レンズを用いて集光する必要があるが、Fナンバーの明るい投写レンズは、有効径が大きく高価であり、コンパクトな投写光学装置を構成することが困難になる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】更に、偏光特性を利用するライトバルブは、一般に光の入射角に応じて光学特性が変化する。例えば、液晶パネルでは、照明光の照射角が大きくなると表示画像のコントラストが低下する。このため、実用上使用できる投写レンズのFナンバーには制約がある。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】その結果、本発明の照明光学装置は、優れた明るさの均一性と共に、高い光利用効率で照射角の小さな照明光を提供する。更に、本発明の照明光学装置を用いて、明るく、明るさの均一性に優れた投写画像を示すコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】一方、第2レンズ15の各々の開口を大きくすると第2レンズアレイ板5の有効領域が大きくなり、被照明領域6を照明する照明光の照射角が増加するという問題を生じる。照射角とは、照明光の中で主光軸7との傾きが最大となる光線の角度を示す。つまり、照射角の大きい照明光とはFナンバーが小さいことであり、この照明光学装置を用いてライトバルブを照明する場合に、効率よく照明光を集光するためにはFナンバー

の小さな投写レンズと組み合わせる必要がある。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】これに対し、(図3)に示す第2レンズアレイ板5は、照明光の照射角をあまり大きくすることなく高い光利用効率を実現できる第2レンズ15の各々の開口形状の一例とそれらの配列の一例を提供している。一般に、第2レンズアレイ板5に入射する各々の部分光束の最も収束した断面の大きさは明るさむらを反映して不揃いとなる。そこで、第2レンズ15の各々の開口を有効に異ならせれば、いずれの部分光束に対しても必要十分な開口を与えることができる。この場合、光学系の配置誤差などを考慮してそれぞれの開口に余裕を与えても構わない。同時に、第2レンズ15の各々をできるだけ密接させて配列し、第2レンズアレイ板5の有効領域をできるだけ小さな円領域に近似させる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正内容】

【0033】その結果、有効に異ならせた第2レンズ15の各々の開口は、各々の開口を通過するいずれの部分光束についても大きな損失を生じさせない。同時に、第2レンズアレイ5の有効領域を小さくできるので、光利用効率をあまり低下させることなく照射角の小さい照明光を形成できる。従って、本発明の照明光学装置は、照射角が小さく明るさむらの少ない照明光を高い光利用効率で形成でき、極めて大きな効果を得ることができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正内容】

【0037】第1レンズ10fは、第2レンズ15f'の開口中心23の近傍に発光体2の実像26を形成し、第2レンズ15f'は第1レンズ10fの開口中心22から出射した光を被照明領域6の中心24に到達させる必要がある。そこで、第1レンズ10fと第2レンズ15f'は適宜偏心させている。具体的に、例えば、第1レンズ10fの回転対称軸の延長上に第2レンズ15f'の開口中心23が位置するように、第1レンズ10fを偏心させる。第2レンズ15f'の曲率中心を第1レンズ10fの開口中心22と被照明領域6の中心24を結ぶ直線上に位置するように、第2レンズ15f'を偏心させる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】このことは、第2レンズの各々の開口形状についてのより好ましい状態を提供する。すなわち、対応する第1レンズ10の高さHが大きいものほど第2レンズ15の開口面積を小さくしても、各々の第2レンズ15は対応する各々の発光体像26に対し必要十分な開口を確保できる。加えて、例えば第2レンズ15の各々の開口を矩形とし、それらを密接させてできるだけ小さい面積の円領域を近似するように配列すれば、第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくすることができる。その結果、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で照射角が小さく明るさの均一性に優れた照明光を提供できる。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】(図9)と(図10)で示したいずれの実施例も、第1レンズアレイ板に入射する光束の明るさむらは、主光軸の近傍ほど明るく、主光軸から離れるほど暗い。これは、放物面鏡を用いて述べた(図1)の構成と同様に、光軸上に配置された発光体の放射光を、光軸について光学的に回転対称の光学系を用いて集光する場合と同様である。このような場合、第1レンズが作る発光体像の大きさは、第1レンズの高さHが大きくなるほど小さくなる。従って、対応する第1レンズの高さHが大きくなるほど第2レンズの開口面積を小さくし、それらを密接させることは、高い光利用効率で照射角の小さい照明光を得るために有効である。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

【補正内容】

【0063】ランプは特にメタルハライドランプである必要はない。他に、ハロゲンランプ、キセノンランプなどを用いても構わない。ただし、メタルハライドランプは、他のランプに比較して発光体が高い反面、発光効率と色再現特性に優れている。本発明の照明光学装置は、発光体の大きいランプを用いるほどより大きな効果を得ることができるので、メタルハライドランプを用いるとより優れた照明光学装置を実現できる。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正内容】

【0065】照明光学装置50は、上述の作用にもとづき明るく均一性に優れた照明光で液晶パネル51の有効表示領域51aを照明する。しかも、光損失を大きくすることなく第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくできるので、液晶パネル51を照明する光の照射角が小さい。このため、比較的Fナンバーの大きな投写レンズ52を用いて、明るく、明るさの均一性の優れた投写画像を提供できる。また、照明光の照射角が小さいので、液晶パネル51の視野角特性の影響をあまり受けることなく、コントラストの高い投写画像を実現できる。その結果、高画質で光利用効率の優れた投写型表示装置を実現でき、非常に大きな効果がある。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正内容】

【0071】以上の構成によれば、第2レンズアレイ板5の開口部が内接する円の半径が35mmとなり、最大照射角約7度の照明光により液晶パネル51上で最大250万lxの照度が測定された。次に、投写レンズ52としてF4相当のものをを用い、40インチのスクリーン53上の投写画像の明るさを測定した所、約1000lxの最大照度を得られた。同時に、明るさの均一性は極めて良好であり、最も暗い所と明るい所の照度比は約60%であった。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】(図14)に示した第2レンズアレイ板60は、開口部の内接する円の半径が45mmあり、照明光の最大照射角は約9度まで広がった。この照明光を全て利用して照度を測定した場合、液晶パネル51上で230万lxの照度を得られた。また、第2レンズアレイ板60上の発光体像62を観察した結果、主光軸7の近傍に位置する発光体像62の一部は、対応する第2レンズ61の開口より大きく光の損失が発生していた。(図14)に、発光体像62の観察結果を模式的に書き加える。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】これに対し、F3相当の投写レンズを用いて40インチのスクリーン53上の明るさを測定した所、最大照度は約900lxであった。更に、上述と同じ

F4相当の投写レンズを用いた場合、最大照度は約600lxまで低下した。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0075

【補正方法】変更

【補正内容】

【0075】以上述べた結果から、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率でもって照射角が小さく、明るさの均一性に優れた照明光を形成することが確認できた。また、本発明の投写型表示装置は、F値の大きな投写レンズを用いた場合であっても光損失をあまり発生させることなく、明るさと明るさの均一性に優れた投写画像を提供できることを確認できた。加えて、ライトバルブとして液晶パネルを用いた場合、F3の投写レンズに比較してF4の投写レンズを用いると、コントラストの高い表示を実現できることが視感評価から確認できた。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】(図15)に示す構成においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で均一性の優れた照明光を実現でき、かつ、照明光の照射角が小さいのでF値の大きな投写レンズを利用でき、極めて大きな効果が得られる。結果として、明るく、均一性に優れた高画質の投写画像が得られるコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0086

【補正方法】変更

【補正内容】

【0086】以上述べたいずれの実施例においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で明るさ均一性に優れ、かつ照射角の小さな照明光を得ることができる。更に、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成した場合に、Fナンバーの大きな投写レンズと組み合わせても、明るく、明るさ均一性に優れたコンパクトな投写型表示装置を実現することができ、極めて大きな効果を得ることができる。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0088

【補正方法】変更

【補正内容】

【0088】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の照明光学装置は、被照明領域への照明光の照射角を大きくすること

なく、高い光利用効率で明るさの均一性に優れた照明を提供する。更に、本発明の照明光学装置を用いて、明る

く、明るさの均一性に優れた投写画像を呈示するコンパクトな投写型表示装置を実現できる。